مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۳۴، شماره ۱، سال ۱۳۹۷

اثر کم‌آبیاری بر ویژگی‌های زراعی هیبریدهای جدید آفتابگردان

Effect of Deficit Irrigation on Agronomic Characteristics of New Sunflower Hybrids

اسداله زارعی سیاه‌بیدی[1] و عباس رضایی‌زاد[2]

۱ و ۲- به ترتیب استادیار و دانشیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۴

چکیده

زارعی سیاه‌بیدی، ا.، و رضایی‌زاد، ع. ۱۳۹۷. اثر کم‌آبیاری بر ویژگی‌های زراعی هیبریدهای جدید آفتابگردان. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۴:** ۱۰۸-۸۹.

به‌منظور بررسی اثر کم‌آبیاری بر خصوصیات زراعی هیبریدهای جدید آفتابگردان و تعیین ارقام متحمل به خشکی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال‌های ۹۳-۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام‌آباد غرب اجرا شد. در این آزمایش چهار هیبرید جدید آفتابگردان (فرخ، شمس، قاسم و برزگر) در سه رژیم آبیاری (آبیاری کامل، تنش ملایم و تنش شدید با تأمین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر همه صفات شامل تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیکی، طول دوره پر شدن دانه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر همه صفات (به جز تعداد دانه در طبق) معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که عملکرد دانه هیبریدهای متوسطرس (شمس و برزگر) در هر سه رژیم آبیاری بیشتر از هیبریدهای زودرس (فرخ و قاسم) بود. بیشترین عملکرد دانه (۵۰۰۷ کیلوگرم در هکتار) در هیبرید برزگر و با آبیاری کامل به دست آمد در حالی که هیبرید قاسم در شرایط تنش شدید کمترین عملکرد دانه (۱۸۵۹ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، دانه روغنی، تنش خشکی، عملکرد دانه، شاخص برداشت.

نویسنده مسئول: azareei46@gmail.com تلفن: ۰۸۳۳۸۳۵۱۰۲۱

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده است که بسته به فصل و زمان بروز آن می‌تواند به‌صورت جدی به کاهش محصول منجر شود. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، گیاه در طول دوره رشد خود با دوره‌های کم‌آبی روبرو می‌شود و برای تولید عملکرد مناسب باید بتواند این دوره‌ها را تحمل کند (Emam and Niknejad, 2004). یکی از اصلی‌ترین استراتژی‌ها برای مقابله با تنش خشکی، تولید ژنوتیپ‌های متحمل به تنش با کارایی مصرف آب بالا است (Sayadi Maazou *et al*., 2016).

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از دانه‌های روغنی است که روغن آن از کیفیت و کمیت بالایی برخوردار بوده و سازگاری خوبی به بسیاری از شرایط اقلیمی دارد و بدین دلیل زراعت آن در بسیاری از مناطق جهان ازجمله کشور ما رایج است. این گیاه متحمل به خشکی با نظام ریشه‌ی عمیق و جستجوگر است به‌طوری‌که ریشه این گیاه در شرایط خشکی در مقایسه با دیگر گیاهان زراعی می‌تواند آب را به‌طور معنی‌داری از لایه‌های زیرین و عمیق‌تر خاک جذب کند (Angadi and Entz, 2002). آفتابگردان معمولاً به‌عنوان یک گیاه متحمل به تنش خشکی با کارایی مصرف آب بالا شناخته می‌شود. بااین‌حال این گیاه برای تولید عملکرد بالا و ایجاد بیوماس زیاد مقدار زیادی آب مصرف می‌کند؛ از طرفی مدت زیادی از دوره رشد آفتابگردان مصادف با ماه‌های گرم سال در بهار و تابستان است (Skoric, 1992). آفتابگردان توانایی تحمل خشکی را دارد اما عملکرد آن تا حدودی در شرایط تنش خشکی کاهش خواهد یافت چراکه گیاهان برای جذب آب در شرایط تنش خشکی تحت‌فشار هستند. آفتابگردان در مراحل گلدهی، باروری و پرشدن دانه بیشترین حساسیت را به تنش کم‌آبی دارد درحالی‌که در ابتدا و انتهای فصل رشد حساسیت کمتری را به این تنش نشان می‌دهد (Erdem and Delibas, 2002؛ Unger, 1986؛ Stone *et al*., 1996؛ Jana *et al*., 1982). انگادی و انتز (Angadi and Entz, 2002) بیان کردند درک بهتر اساس تغییرات مرفولوژیکی، ساختاری و فیزیولوژیکی مقاومت به تنش می‌تواند در انتخاب و یا ایجاد ارقام جدید که در شرایط تنش تولید بهتری داشته باشند، مورداستفاده قرار گیرد (Martinez *et al*., 2007). واکنش گیاهان به تنش خشکی بر اساس شدت و مدت تنش متفاوت است (Chaves *et al*., 2002). تنش خشکی می‌تواند بر ویژگی‌های زراعی آفتابگردان اثرگذار باشد و در مطالعات متعدد به این موضوع اشاره شده است اما میزان خسارت وارده بستگی به‌شدت تنش و مرحله رشدی گیاه دارد. تخصیص ماده خشک به طبق آفتابگردان که تعیین‌کننده عملکرد است در شرایط تنش خشکی از اهمیت زیادی برخوردار است. تعیین اثر تنش خشکی بر شاخص برداشت آفتابگردان

به سبب اثر متقابل آن با شدت و مرحله رشدی پیچیده است (Jaleel *et al*., 2009). تنش خشکی در مرحله ابتدای غنچه‌دهی آفتابگردان در مقایسه با مرحله ابتدای دانه‌بندی تأثیر بیشتری بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی آن داشت (Prabhudeva *et al*., 1998). وقوع تنش خشکی برای بیش از ۱۲ روز در مرحله گلدهی و پرشدن دانه به‌شدت عملکرد دانه را کاهش داد (Reddy *et al*., 2004؛ Mozaffari *et al*., 1996). رازی و اسد (Razi and Asad, 1998) گزارش کردند که در اثر تنش خشکی، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان به‌طور معنی‌داری کاهش یافت اما میزان روغن دانه تحت تأثیر قرار نگرفت. در مطالعات قلی‌نژاد و همکاران (Gholinezhad *et al*., 2009) عملکرد دانه آفتابگردان تحت تأثیر تنش قرار گرفت و بیشترین عملکرد دانه (۴۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) از آبیاری بهینه به دست آمد و تنش شدید باعث کاهش ۴۴ درصدی عملکرد دانه شد. گومز و همکاران (Gomez *et al*., 1991) کاهش طول دوره رشد آفتابگردان در شرایط تنش خشکی در ارقام زودرس، میان‌رس و دیررس را نسبت به شرایط عادی گزارش کردند. محققین گزارش کرده‌اند که کاهش میزان آب مصرفی، باعث کاهش ارتفاع بوته آفتابگردان می‌شود (Yarnia *et al*., 2009؛ Ebrahimian and Bybordi, 2011؛ Kaya and Kolsarici, 2011).

انگادی و انتز (Angadi and Entz, 2002) در آزمایشی روابط آبی ارقام پابلند و پاکوتاه آفتابگردان را موردبررسی قرار داده و اظهار کردند تحت شرایط آب کافی، یک هیبرید پابلند علی‌رغم پتانسیل آب برگ کمتر همواره دارای عملکرد بیشتری است و ارقام پاکوتاه متحمل به خشکی برای تولید در شرایط کم‌آبیاری دارای اهمیت هستند. فریرز و همکاران (Fereres *et al*., 1986) در آزمایشی بر روی ارقام آفتابگردان تحت شرایط تنش خشکی اشاره کردند که کمبود آب، شاخص برداشت را کاهش می‌دهد، اما این کاهش در بین ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت است.

با توجه به رخداد مداوم خشک‌سالی‌های چند سال اخیر و کاهش شدید منابع آب زیرزمینی، زراعت آفتابگردان در مقاطعی از دوران رشد ممکن است دچار تنش خشکی شود؛ بنابراین شناسایی ژنوتیپ‌هایی که بتوانند در چنین شرایطی کاهش عملکرد کمتری داشته باشند، ضروری است. با توجه به مطالب ذکر شده این تحقیق با هدف بررسی تأثیر تنش خشکی بر ویژگی‌های زراعی هیبریدهای آفتابگردان به منظور شناسایی ارقام متحمل به خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال‌های ۹۳-۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام‌آباد غرب

اجرا شد و چهار هیبرید جدید آفتابگردان (فرخ، شمس، قاسم و برزگر) در سه رژیم آبیاری (آبیاری کامل، تنش ملایم و تنش شدید با تأمین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام‌آباد غرب (با مختصات ۳۴ درجه و ۸ دقیقه شرقی و ۴۷ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی) دارای ارتفاع ۱۳۴۶ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالیانه ۴۶۸ میلی‌متر است. متوسط درجه حرارت سالیانه آن ۱۳+ درجه سانتی‌گراد بوده، فاقد باران تابستانه است و اکثر نزولات آسمانی آن در فصول پائیز، زمستان و بهار حادث می‌شود. حداکثر مطلق درجه حرارت، ۴۱+ درجه سانتی‌گراد، حداقل مطلق درجه حرارت، ۲۱/۸- درجه سانتی‌گراد، میزان تبخیر ۱۸۰۸ میلی‌متر، بافت خاک سیلتی-رسی و وضعیت آب و هوایی معتدل سرد دارد.

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم عمیق، دیسک، تسطیح زمین، تهیه جوی و پشته انجام و تغذیه بر اساس نتایج آزمون خاک صورت گرفت. کنترل علف‌های هرز باریک برگ با علف‌کش گالانت‌سوپر و علف‌های هرز پهن‌برگ با وجین دستی انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط به طول پنج متر، فاصله ردیف‌ها ۶۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها بر روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. جهت اطمینان از پوشش سبز مناسب، در هر کپه تعداد سه بذر قرار داده شد و زمانی که ارتفاع گیاهچه‌ها به ۲۰-۱۵ سانتی‌متر رسید، بوته‌های اضافی حذف شد. پس از کاشت، زمین به‌طور یکنواخت آبیاری شد تا سطح سبز یکنواخت حاصل شود. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام شد. رژیم‌های رطوبتی شامل آبیاری کامل، تنش ملایم و تنش شدید با تأمین رطوبت موردنیاز گیاه به ترتیب به میزان ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد اعمال شد. با اندازه‌گیری رطوبت خاک و تطابق آن با منحنی رطوبتی خاک که رابطهٔ بین پتانسیل آب و میزان رطوبت خاک است مقدار رطوبت در نقاط پتانسیلی موردنظر به دست آمد. پس از تعیین مقدار رطوبت خاک و مشخص شدن زمان آبیاری، مقدار آب موردنیاز از طریق نرم‌افزار OPTIWAT محاسبه و آبیاری انجام شد. درمجموع برای آبیاری کامل میزان ۷۵۰۰ مترمکعب در هکتار، در شرایط تنش ملایم ۴۶۸۷ مترمکعب در هکتار و در شرایط تنش شدید ۳۷۵۰ مترمکعب در هکتار آب مصرف شد. با توجه به سیستم آبیاری مورداستفاده در این پژوهش (سیستم آبیاری تحت‌فشار کلاسیک ثابت) مقادیر فوق بر اساس میزان خروجی هر آب‌پاش (۲/۷ لیتر بر ثانیه) و مدت‌زمان هر بار آبیاری تنظیم شد. تعداد کل دفعات آبیاری برای رژیم‌های رطوبتی موردنظر از ابتدا تا انتهای دوره رشد گیاه هشت بار بود. به‌منظور جلوگیری از خسارت گنجشک و سایر پرندگان بعد از پایان گلدهی طبق‌های آفتابگردان تا مرحله برداشت با روزنامه و یا کیسه‌های پارچه‌ای ململ پوشانده شدند.

در ایـن آزمـایش خصوصـیات مهـم زراعـی شامل ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبـق، دوره پرشـدن دانـه و تعـداد روز تـا رسـیدگی فیزیولوژیک بـر اسـاس دسـتورالعمل اشـنایدر و میلـــر (Schneiter and Miler, 1981) اندازه‌گیری شد و درنهایت برداشـت از دو خـط وسط هر کـرت بـا حـذف یـک بوتـه از ابتـدا و انتهای کرت (شش مترمربع) انجام گرفت و وزن هـزار دانـه، عملکـرد دانـه و شـاخص برداشـت اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانـه پس از جـدا کـردن دانـه‌ها از طبـق، آن‌هـا را بـه مدت یک هفته در هوای آزاد گذاشـته و وقتـی رطوبت دانه‌ها به حدود ۱۳ درصد رسید، توزین شدند.

بـرای تجزیـه واریـانس داده‌هـا از نرم‌افـزار SAS 9.1 استفاده شد. با توجه به سیستم آبیاری مورداستفاده در این پژوهش (آبیاری تحت‌فشـار کلاسـیک ثابـت)، امکـان اجـرای ایـن پـروژه به‌صورت فاکتوریل و یا کرت‌های خردشـده بـه دلیل تحت تأثیر قـرار گـرفتن تیمارهـای مجـاور وجـود نداشـت و هیبریـدهای موردبررسـی در آزمایش‌های جداگانـه و در مجـاورت یکـدیگر کشـــت شـــدند و بـــه‌منظور بررســـی اثـــر متقابل هیبریدها با سطوح تنش از تجزیه مرکـب اسـتفاده شـد. تجزیــه واریــانس مرکــب بــا فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ و رژیم‌های آبیاری و تصـادفی بـودن اثـر سـال صـورت گرفـت و آزمون F با توجه به امید ریاضی منابع تغییرات انجام شد.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محـل آزمایش در جدول ۱ و آمار هواشناسی ایسـتگاه تحقیقـاتی اسـلام‌آباد غـرب طـی سـال‌های ۹۳-۱۳۹۲ در جدول ۲ آورده شده است.

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر رژیم آبیاری بر همه صفات بررسی‌شده معنی‌دار بود (جدول ۳). هیبریدهای مورد ارزیـابی نیـز از نظر همه صفات دارای تفاوت معنی‌داری بودند. اثر متقابل ژنوتیپ و تـنش نیـز به‌استثنای تعـداد دانه در طبق برای سـایر صـفات معنـی‌دار بـود و این نشان می‌دهـد کـه هیبریـدهای موردبررسـی نسبت به شرایط تنش واکـنش متفـاوتی از خـود نشان داده‌اند (جدول ۳).

قطر طبق، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه

بیشترین قطر طبـق (۱۷/۳ سـانتی‌متـر)، تعـداد دانـه در طبـق (۱۰۴۳ عـدد) و وزن هـزار دانـه (۶۰/۹ گرم) در رژیم آبیاری کامل به دست آمد و در بین ژنوتیپ‌ها، هیبریدهای برزگر و شـمس از نظـر ایـن صـفات برتـر بودنـد (جـدول ۴). بیشترین قطـر طبـق (۱۹/۵ سـانتی‌متـر) متعلـق بـه هیبریـد شـمس در رژیـم آبیـاری کامـل بـود و کمتـرین قطـر طبـق (۱۳/۴ سـانتی‌متر) توسـط هیبریـد فـرخ و تحـت تـنش شـدید تولیـد شـد (جدول ۵). میزان کاهش قطر طبق هیبرید شمس در رژیم‌هـــای کم‌آبیـــاری بیشـــتر از ســـایر هیبریدهای موردبررسی بود؛ به‌طوری‌که درصـد کاهش قطر طبـق در هیبریـدهای فـرخ، شـمس،

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil at the experimental site

پتاسیم Potassium (ppm)	فسفر Phosphor (ppm)	نیتروژن Nitrogen (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	آهک Lime (%)	اشباع (٪) Saturation (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity dSm^{-1}
800	12	0.12	1.2	12	55	33	16	57	8	0.8

جدول ۲- آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقاتی اسلام آباد غرب طی سال‌های ۹۳-۱۳۹۲

Table 2. Meteorological statistics of Research Station of Islamabad-e-Gharb during 2013-14

		۱۳۹۲ 2013					۱۳۹۳ 2014				
		درجه حرارت (سانتی گراد) Temperature (°C)			ساعات آفتابی Sunny Hours	تبخیر Evaporation	درجه حرارت (سانتی گراد) Temperature (°C)			ساعات آفتابی Sunny Hours	تبخیر Evaporation
Month	ماه	متوسط Ave.	حداکثر Max.	حداقل Min.			متوسط Ave.	حداکثر Max.	حداقل Min.		
June-July	تیر	29.9	38.6	17.2	10.12	10.9	27.1	38.6	15.4	11.4	9.8
July-August	مرداد	28.8	39.5	18.1	9.9	12.1	27.8	39.5	16.2	11.5	11.8
August-September	شهریور	24.4	34.6	14.2	10.2	9.6	23.5	34.6	12.5	8.6	8.5
September-October	مهر	18.7	28.5	9.1	8.3	5.8	20.0	28.5	11.6	9.2	6.5

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات زراعی آفتابگردان تحت تأثیر سال، رژیم آبیاری و هیبرید

Table 3. Combined analysis of variance of agronomic traits of sunflower as affected by year, irrigation regime and hybrid

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	MS میانگین مربعات قطر طبق Head diameter	تعداد دانه در طبق Number of seeds per head	وزن هزار دانه 1000 seed weight	تعداد روز تا گلدهی Days to flowering	دوره پر شدن دانه Seed filling duration	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
Year (Y)	سال	1	5.8**	4449ns	17.4**	47.4ns	1.1ns	72.0**	28.6ns	208.8ns	6.7ns
Irrigation regime (I)	رژیم آبیاری	2	77.8**	247529**	1474.9**	33.8*	12.7**	96.2**	15825.7**	220613.9**	48.1**
Y × I	سال × رژیم آبیاری	2	0.2ns	347ns	3.6ns	0.5ns	0.1ns	0.1ns	2.8ns	269.9ns	0.7ns
Rep (Y × I)	خطای سال × آبیاری	12	0.3	4367	3.7	1.1	0.6	0.3	52.3	467.1	2.5
Hybrid (H)	هیبرید	3	7. 5*	376041**	170.1**	157.8**	39.8**	380.0**	8778.3**	19876.2**	120.3**
Y × H	سال × هیبرید	3	0.3ns	20ns	0.6ns	0.6ns	0.5ns	0.1ns	184.0ns	605.1ns	1.9ns
I × H	رژیم آبیاری × هیبرید	6	5.9**	9725ns	15. 8**	1.1ns	13.7**	8.2**	151.3*	5815.2**	18.9**
Y × I × H	سال × آبیاری × هیبرید	6	0.2ns	21ns	0.6ns	0.5ns	0.1ns	0.1ns	184.0ns	474.1ns	2.1ns
Error	اشتباه	36	0.3	5231	2.3	0.8	0.7	0.7	57.3	584.4	6.1
C.V. (%)	ضریب تغییرات (٪)	-	3.7	7.8	2.8	1.5	2.9	0.8	7.0	8.0	9.4

ns، * و**: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, * and **: Not significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات زراعی آفتابگردان تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری و هیبریدها

Table 4. Mean comparison of agronomic traits of sunflower as affected by irrigation regimes and hybrids

Treatment	تیمار	قطر طبق (سانتی‌متر) Head diameter (cm)	تعداد دانه در طبق Number of seeds per head	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seed weight (g)	تعداد روز تا گلدهی Days to flowering	دوره پر شدن دانه Seed filling duration	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiologic maturity	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg\ ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
Irrigation regime	**رژیم آبیاری**									
Full irrigation	آبیاری کامل	17.3	1043	60.9	60.6	29. 8	101.8	4192	12850	24.5
Mild stress	تنش ملایم	15.7	903	54.8	59.2	29.9	100.0	3320	9000	26.9
Severe stress	تنش شدید	13. 8	846	45.4	58.2	28.6	97.8	2570	6870	27.0
HSD ($P \leq 0.05$)		0.7	31.7	3.2	1.2	0.3	0.9	90.0	883	1.5
Hybrid	**هیبرید**									
Farokh	فرخ	15.2	894	52.5	57.1	28.0	95.8	3124	8580	27.0
Shams	شمس	16.1	1009	55. 8	60.9	30.9	103.1	3733	10600	26.6
Ghasem	قاسم	15.0	745	49.9	56.7	28.2	96.1	2500	8760	22.5
Barzegar	برزگر	16.0	1074	56.6	62.7	30.5	104.5	4087	10360	28.5
HSD ($P \leq 0.05$)		0.8	7.1	1.3	1.2	1.1	0.5	21.8	1251	2.2

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات زراعی آفتابگردان تحت تأثیر رژیم آبیاری × هیبرید

Table 5. Mean comparison of agronomic traits of sunflower as affected by irrigation regime × hybrid

Irrigation regime	**رژیم آبیاری**	**Hybrid**	**هیبرید**	قطر طبق (سانتی‌متر) Head diameter (cm)	تعداد دانه در طبق Number of seeds per head	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seed weight (g)	تعداد روز تا گلدهی Days to flowering	دوره پر شدن دانه Seed filling duration	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiologic maturity	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg ha^{-1})	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
Full Irrigation	آبیاری کامل	Farokh	فرخ	16.1	1031	59.4	58.9	27.8	97.3	3983	11850	25.2
		Shams	شمس	19.5	1086	63.7	62.1	32.8	106.0	4501	13960	24.5
		Ghasem	قاسم	16.2	869	57.2	57.6	27.2	97.0	3281	12500	20.8
		Barzegar	برزگر	17.2	1190	63.5	63.9	31.3	107.0	5007	13200	27.6
Mild Stress	تنش ملایم	Farokh	فرخ	16.0	825	53.8	56.7	28.1	95. 7	2956	7190	29.2
		Shams	شمس	15.4	976	58.5	61.1	31.9	104.0	3782	11070	25.5
		Ghasem	قاسم	15.4	726	49.2	56.4	28.6	96.0	2362	7250	24.6
		Barzegar	برزگر	16.0	1085	57.8	62.9	31.0	104.3	4183	10500	28.5
Severe Stress	تنش شدید	Farokh	فرخ	13.4	827	44.3	55.8	28.3	94.3	2434	6700	26.6
		Shams	شمس	13.5	969	45.2	59.7	27.9	99.3	2917	6780	30.1
		Ghasem	قاسم	13.5	640	43.5	56.1	28.9	95.3	1859	6550	22.0
		Barzegar	برزگر	14. 8	949	48.5	61.4	29.3	102.3	3072	7470	29.5
HSD (P≤.05)				1.1	10.8	1.8	1.7	0.7	0.7	32.1	1630	3.4

قاسم و برزگر تحت تنش ملایم به ترتیب برابر با ۰/۶، ۲۱، ۵ و ۷ درصد و تحت تنش شدید به ترتیب برابر با ۱۷، ۴۰، ۱۷ و ۱۵ درصد بود. کاهش قطر طبق به‌نوبه خود می‌تواند بر اجزای مهم عملکرد دانه همانند تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه تأثیرگذار باشد. در مطالعه فریرز و همکاران (Fereres *et al*., 1986) کاهش تعداد دانه در طبق در شرایط تنش خشکی به کاهش قطر طبق و افزایش درصد پوکی دانه‌ها نسبت داده شد. در مطالعه دانشیان و جباری (Daneshian, and Jabbari, 2009) نیز قطر طبق در اثر تنش خشکی به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت به‌طوری‌که در سطوح مختلف تنش شامل ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر قطر طبق آفتابگردان به ترتیب ۱۲/۴، ۱۰/۷، ۹/۱ و ۷/۵ سانتی‌متر بود. در مطالعات طباطبایی و همکاران (Tabatabaei *et al*., 2012) و نظامی و همکاران (Nezami *et al*., 2008) قطر طبق به‌عنوان مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده تعداد دانه در اثر تنش خشکی کاهش یافت.

در مورد تعداد دانه در طبق به‌عنوان یکی از اجزای اصلی عملکرد، تنش خشکی باعث کاهش ۱۳/۵ و ۱۹ درصدی آن به ترتیب در شرایط تنش ملایم و شدید شد به‌طوری‌که میانگین تعداد دانه در طبق در آبیاری کامل ۱۰۴۳ و در شرایط تنش ملایم و شدید به ترتیب ۹۰۳ و ۸۴۶ بود. یکی از دلایل کاهش تعداد دانه در طبق در شرایط تنش، کاهش قطر طبق در این شرایط بود (جدول ۴). در مطالعه دانشیان و همکاران (Daneshian *et al*., 2007) و قلی‌نژاد و همکاران (Gholinezhad *et al*., 2009) نیز تعداد دانه در تک گیاه با افزایش شدت تنش رطوبتی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و دلیل آن، کاهش قطر طبق در شرایط تنش خشکی بیان شد. تنش رطوبتی در مرحله رشد طبق و گرده‌افشانی می‌تواند سبب کاهش تعداد گل‌ها و درنهایت تعداد دانه در طبق شود (Jaleel *et al*., 2009). به نظر می‌رسد برخورد دوران رشد رویشی و زایشی گیاه با تنش رطوبتی به‌خصوص در مرحله گلدهی و درنتیجه سقط گلچه‌های درون طبق یکی از دلایل کاهش تعداد دانه در طبق بود. هیبریدهای شمس و برزگر که از قطر طبق بزرگ‌تری برخوردار بودند تعداد دانه بیشتری در طبق داشتند به‌طوری‌که تعداد دانه در طبق این دو هیبرید به ترتیب ۱۰۰۹ و ۱۰۷۴ بود درحالی‌که تعداد دانه در طبق در هیبریدهای قاسم و فرخ (به ترتیب ۷۴۵ و ۸۹۴ عدد) به‌طور معنی‌داری کمتر از آن‌ها بود. بیشترین تعداد دانه در طبق متعلق به هیبرید شمس در شرایط آبیاری کامل و کمترین تعداد دانه در طبق متعلق به هیبرید قاسم در شرایط تنش شدید بود (جدول ۵).

وزن هزار دانه به‌عنوان یکی دیگر از اجزاء مهم عملکرد در آفتابگردان تحت تأثیر اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم قرار گرفت به‌طوری‌که تحت تنش ملایم، وزن هزار دانه

هیبریدهای فرخ، شمس، قاسم و برزگر نسبت به شرایط آبیاری کامل به ترتیب ۹/۴، ۸/۲، ۱۴/۰ و ۹/۰ درصد کاهش یافت. تحت تنش شدید میزان کاهش وزن هزار دانه به‌مراتب بیشتر بود و درصد کاهش وزن هزار دانه هیبریدهای فوق به ترتیب ۲۸/۱، ۳۱/۶، ۲۷/۸ و ۲۵/۹ درصد بود. تنش شدید بر انتقال جاری و مجدد مواد فتوسنتزی بوته‌ها اثر منفی گذاشته و درنهایت مواد منتقل شده به دانه کاهش می‌یابد و همین مسئله منجر به چروکیدگی و کاهش وزن دانه‌ها می‌شود. کریم‌زاده اصل (Karimzade Asl *et al.*, 2003) و انگادی و انتز (Angadi and Entz, 2002) نیز چنین نتایجی را گزارش کردند. در مطالعه دهخدا و همکاران (Dehkhoda *et al.*, 2013) و مجد (Majd, 2017) کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی به کاهش طول دوره پر شدن دانه درنتیجه تنش نسبت داده شد. در مطالعه رشدی و همکاران (Roshdi *et al.*, 2007) نیز هر دو صفت وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق در اثر تنش خشکی کاهش یافت. معمولاً انتظار می‌رود با کاهش تعداد دانه در طبق، به دلیل کاهش رقابت برای دریافت مواد فتوسنتزی، وزن هزار دانه افزایش یابد اما در عمل این اتفاق رخ نداد و به نظر می‌رسد که تنش رطوبتی از طریق کاهش سطح برگ سبب کاهش هر دو صفت می‌شود. در مطالعه اکبری و همکاران (Akbari *et al.*, 2008) اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های فیزیکی دانه همانند طول، عرض و قطر دانه گزارش شد و این موضوع به کاهش سنتز مواد فتوسنتزی موردنیاز برای پرشدن دانه نسبت داده شد که منجر به چروکیده شدن دانه‌ها و کاهش وزن هزار دانه می‌شود.

در پژوهش حاضر بیشترین وزن هزار دانه متعلق به هیبریدهای شمس و برزگر در رژیم آبیاری کامل به ترتیب با ۶۳/۷ و ۶۳/۵ گرم بود (جدول ۵). در جدول فوق ملاحظه می‌شود که هیبریدهای شمس و برزگر ازنظر وزن هزار دانه نیز همچون تعداد دانه در طبق وضعیت بهتری نسبت به دو هیبرید دیگر دارند. در شرایط کم‌آبیاری نیز وزن هزار دانه هیبریدهای شمس و برزگر بیشتر از دو هیبرید دیگر بود. این نتیجه می‌تواند ناشی از انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از منابع ثانویه به‌سوی دانه‌ها در این هیبریدها باشد، بااین‌حال کاهش ایجادشده در فتوسنتز جاری به سبب تنش خشکی نمی‌تواند به‌طور کامل جبران شود. کمترین وزن هزار دانه نیز متعلق به هیبریدهای فرخ و قاسم تحت تنش شدید به ترتیب با ۴۴/۳ و ۴۴۳/۵ گرم بود.

تعداد روز تا گلدهی، دوره پر شدن دانه و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی

نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث تسریع در شروع و پایان گلدهی شد اما با توجه به اثر متقابل هیبریدها و رژیم آبیاری، واکنش هیبریدهای موردبررسی به تنش رطوبتی برای این صفات یکسان نبود. میزان کاهش تعداد روز تا شروع گلدهی هیبریدهای فرخ، شمس، قاسم

و برزگر در رژیم رطوبتی تنش ملایم به ترتیب ۳/۷، ۱/۶، ۱/۹ و ۱/۶ درصد و این کاهش برای تعداد روز تا پایان گلدهی به ترتیب ۲/۷، ۱/۵، ۳/۳ و ۲/۹ درصد بود. کاهش تعداد روز تا شروع گلدهی برای هیبریدهای فوق در تنش شدید به ترتیب ۵/۶، ۳/۸، ۲/۴ و ۴/۰ درصد و برای تعداد روز تا پایان گلدهی به ترتیب ۵/۲، ۲/۳، ۴/۹ و ۳/۷ درصد بود. در تطابق با این نتایج، بوریو و همکاران (Buriro *et al*., 2015) گزارش دادند که کم‌آبیاری و کاهش تعداد آبیاری‌ها باعث کاهش تعداد روز تا ۷۵ درصد گلدهی شد. در مطالعه رشدی و ساسان دوست (Roshdi and Sasandoost, 2004) نیز مصرف آب بیشتر در تیمار آبیاری کامل باعث تأخیر در گلدهی آفتابگردان و افزایش طول دوره رشد رویشی شد. بیشترین تعداد روز تا شروع گلدهی متعلق به هیبرید شمس در رژیم رطوبتی آبیاری کامل با ۶۴ روز و کمترین آن متعلق به هیبرید قاسم در رژیم رطوبتی تنش شدید با ۴۳ روز بود (جدول ۵).

واکنش هیبریدهای موردبررسی در رژیم‌های آبیاری اعمال‌شده برای طول دوره پرشدن دانه تفاوت معنی‌داری باهم داشتند به‌طوری‌که تحت تنش ملایم طول دوره پر شدن دانه هیبریدهای فرخ و قاسم به ترتیب یک و پنج درصد افزایش یافت اما طول دوره پر شدن دانه هیبریدهای شمس و برزگر به ترتیب ۲/۷ و ۰/۹ درصد کاهش یافت. این نتایج نشان می‌دهد که طول دوره پر شدن دانه به‌طورکلی کمتر از عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر تنش ملایم قرارگرفته است. در رژیم رطوبتی تنش شدید طول دوره پرشدن دانه هیبریدهای فرخ و قاسم به ترتیب ۱/۸ و ۵/۹ درصد افزایش و برای هیبریدهای شمس و برزگر به ترتیب ۱۵/۳ و ۶/۴ درصد کاهش یافت. نتایج فوق نشان می‌دهد که طول دوره پر شدن دانه هیبریدهای متوسط‌رس برزگر و شمس نسبت به هیبریدهای زودرس قاسم و فرخ بیشتر تحت تأثیر تنش شدید قرار گرفته‌اند و در این میان کاهش طول دوره پر شدن دانه هیبرید شمس تحت تنش شدید متمایزتر از سایر هیبریدها بود. بیشترین طول دوره پر شدن دانه متعلق به هیبرید شمس در رژیم‌های آبیاری کامل و تنش ملایم به ترتیب با ۳۲/۸ و ۳۱/۹ روز بود. قلی‌نژاد و همکاران (Gholinezhad *et al*., 2013) نیز گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار دوره پرشدن دانه شد. در این مطالعه آبیاری مطلوب نسبت به تنش شدید و ملایم دوره پر شدن دانه را به ترتیب ۳۲/۵ و ۱۰ درصد کاهش داد. به عقیده ردی و همکاران (Reddy *et al*., 2004) تنش خشکی و کمبود رطوبت باعث کوتاه شدن دوره پرشدن دانه می‌شود، زیرا کاهش میزان فتوسنتز به علت بسته‌شدن روزنه‌ها باعث کاهش رشد گیاه، کمبود مواد فتوسنتزی لازم برای پر کردن دانه و کاهش طول دوره پرشدن دانه‌ها می‌شود. در مطالعه بابائیان و همکاران (Babaeian *et al*., 2010) نیز اعمال تنش

خشکی باعث پیری زودرس برگ‌ها و کاهش طول دوره پرشدن دانه شد.

تأثیر رژیم‌های آبیاری بر تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، همانند طول دوره پر شدن دانه، کمتر از عملکرد و اجزای عملکرد بود و هیبریدهای موردبررسی نیز از این نظر واکنش‌های متفاوتی داشتند به‌طوری‌که تعداد روز تا رسیدگی هیبریدهای متوسط‌رس برزگر و شمس بیشتر و هیبریدهای زودرس قاسم و فرخ کمتر تحت تأثیر تنش قرار گرفتند. تعداد روز تا رسیدگی هیبریدهای فرخ، شمس، قاسم و برزگر تحت تنش ملایم به ترتیب ۱/۶، ۱/۹، ۱/۰ و ۲/۵ درصد کاهش یافت و تحت تنش شدید به ترتیب ۳/۱، ۶/۴، ۱/۸ و ۴/۵ درصد کاهش یافت. در مطالعه رشدی و ساسان دوست (Roshdi and Sasandoost, 2004) مصرف آب بیشتر در تیمار آبیاری کامل باعث تأخیر در گلدهی آفتابگردان و افزایش طول دوره رشد رویشی شد که این امر موجب افزایش تعداد روز تا رسیدگی شد. در مطالعه خماری و همکاران (Khomari *et al.*, 2008) نیز آفتابگردان در رژیم آبیاری کامل در مقایسه با رژیم‌های کم‌آبیاری دارای بیشترین دوره رشد بود. بااین‌حال در مطالعه جباری و همکاران (Jabbari *et al.*, 2012) گزارش شد که میانگین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی هیبریدهای مورد ارزیابی در شرایط تنش ملایم (۱۲۰ میلی‌متر تبخیر) در مقایسه با آبیاری نرمال (۶۰ میلی‌متر تبخیر) و تنش شدید (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر) بیشتر بود. در مطالعه مذکور همچنین نتیجه‌گیری شد که تنش خشکی تنها باعث زودرسی هیبریدهای بسیار زودرس می‌شود درحالی‌که اکثر هیبریدهای دیررس با اعمال تنش کم‌آبی با افزایش نسبی طول دوره رشد مواجه شدند.

بیشترین تعداد روز تا رسیدگی متعلق به هیبریدهای برزگر و شمس به ترتیب با تعداد روز تا رسیدگی ۱۰۷ و ۱۰۶ روز و کمترین تعداد روز تا رسیدگی متعلق به هیبریدهای فرخ و قاسم تحت تنش شدید به ترتیب با ۹۴ و ۹۵ روز بود (جدول ۵).

عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت

نتایج نشان داد که عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی هیبریدهای موردبررسی در اثر کم‌آبیاری به‌شدت کاهش یافتند و میزان این کاهش بیشتر از سایر صفات اندازه‌گیری شده بود. با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل هیبریدها و رژیم آبیاری برای عملکرد دانه، میزان کاهش عملکرد دانه هیبریدهای موردبررسی در شرایط تنش متفاوت بود. در شرایط تنش ملایم بیشترین کاهش عملکرد دانه به ترتیب متعلق به هیبریدهای قاسم و فرخ به ترتیب با ۲۸ و ۲۶ درصد بود در حالی میزان کاهش عملکرد دانه هیبریدهای شمس و برزگر حدود ۱۶ درصد بود. این روند در شرایط تنش شدید نیز وجود داشت به‌طوری‌که کاهش عملکرد

دانه هیبریدهای قاسم و فرخ به ترتیب برابر با ۶۰ و ۵۲ درصد بود و این کاهش برای هیبریدهای شمس و برزگر به ترتیب برابر با ۴۲ و ۴۶ درصد بود. با توجه به نتایج به نظر می‌رسد که تحمل به تنش خشکی هیبریدهای متوسط‌رس در این پژوهش بیشتر از هیبریدهای زودرس بوده است. بیشترین عملکرد دانه متعلق به هیبرید برزگر در شرایط آبیاری کامل با ۵۰۰۷ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن متعلق به هیبرید قاسم در شرایط تنش شدید با ۲۳۶۲ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۵). در مطالعه پجیک و همکاران (Pejic *et al.*, 2009) تنش خشکی در مرحله گلدهی تا رسیدگی باعث کاهش ۲۶ درصدی و تنش خشکی در مرحله غنچه‌دهی تا گلدهی باعث کاهش ۵۴ درصدی عملکرد دانه شد. درواقع کاهش تجمعی اجزای عملکرد دانه همچون تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه شد. مصرف متعادل آب طی مراحل مختلف نمو ازجمله گلدهی و دانه‌بندی منجر به بهبود عملکرد دانه آفتابگردان می‌شود، چراکه طی این مراحل دو جزء مهم عملکرد دانه (تعداد دانه در طبق و وزن صد دانه) شکل می‌گیرد (Roshdi, 2012). در مطالعه جباری و همکاران (Jabbari *et al.*, 2011) کاهش ۸۳ درصدی عملکرد دانه در شرایط تنش شدید به کاهش ۴۹ درصدی وزن هزار دانه و کاهش ۵۴ درصدی تعداد دانه نسبت داده شد. در مطالعه کرم و همکاران (Karam *et al.*, 2007) گزارش شد که تنش خشکی در اوایل دانه‌بندی باعث کاهش عملکرد دانه شد.

نتایج نشان داد که کاهش عملکرد بیولوژیکی در اثر تنش خشکی شدیدتر از عملکرد دانه بود و همانند عملکرد دانه این کاهش در هیبریدهای زودرس بیشتر بود. در شرایط تنش ملایم میزان کاهش عملکرد بیولوژیکی هیبریدهای فرخ، شمس، قاسم و برزگر به ترتیب برابر با ۳۹، ۲۱، ۴۲ و ۲۰ درصد بود و این کاهش در شرایط تنش شدید به ترتیب برابر با ۷۲، ۶۴، ۸۲ و ۵۵ درصد بود. هیبریدهای شمس و برزگر به سبب داشتن ارتفاع و قطر طبق بیشتر، از عملکرد بیولوژیکی بیشتری برخوردار بودند. کاهش عملکرد بیولوژیکی در اثر تنش خشکی می‌تواند در اثر کاهش سطح برگ و کاهش سرعت رشد گیاه باشد (Dehkhoda *et al.*, 2013). در مطالعه کریمی کاخکی و همکاران (Karimi Kakhki *et al.*, 2010) نیز عملکرد بیولوژیکی در اثر تنش در مرحله گلدهی کاهش یافت و این کاهش به اُفت شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول نسبت داده شد. نتایج نشان داد که سرعت کاهش ماده خشک در گیاه در اثر تنش خشکی بیشتر از سرعت کاهش عملکرد دانه بود. کریم زاده اصل و همکاران (Karimzade Asl *et al.*, 2003) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. در مطالعه رفیعی و همکاران (Rafiae *et al.*, 2006) نیز به

کاهش شدید وزن اندام‌های هوایی در اثر تنش اشاره شده است. کوکس و جولیف (Cox and Jolliff, 1986) نیز کاهش ۲۲ الی ۵۰ درصدی وزن اندام‌های هوایی را در اثر تنش خشکی گزارش دادند. گاهی اوقات نتایج ارائه شده در این خصوص متفاوت است به‌طوری‌که در مطالعه کریمی کاخکی و همکاران (Karimi Kakhki *et al.*, 2010) کاهش عملکرد دانه نسبت به کاهش عملکرد بیولوژیکی بیشتر بود. در مطالعات متعدد به کاهش شدید عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در اثر تنش خشکی اشاره شده است (Pekcan *et al.*, 2015؛ Tabatabaei *et al.*, 2012؛ Roshdi *et al.*, 2007؛ Roshdi and Sasandoost, 2004).

نتایج نشان داد که میانگین اجزای عملکرد دانه همانند تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و همچنین صفات مهم قطر طبق و عملکرد بیولوژیکی در هیبریدهای شمس و برزگر در تیمار آبیاری کامل و همچنین تنش بیشتر بود و افزایش تجمعی این اجزای عملکرد باعث شد که عملکرد دانه در این دو هیبرید در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش به‌صورت معنی‌داری بیشتر از دو هیبرید دیگر یعنی قاسم و فرخ باشد.

با توجه به وضعیت کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در اثر کم‌آبیاری که در بالا به آن اشاره شد شاخص برداشت هیبریدها در اثر کم‌آبیاری افزایش یافت به‌طوری‌که تحت تنش ملایم، شاخص برداشت هیبریدهای فرخ، شمس، قاسم و برزگر به ترتیب ۱۵، ۴، ۱۸ و ۳ درصد افزایش یافت و این افزایش در شرایط تنش شدید به ترتیب برابر با ۵، ۲۱، ۵ و ۷ درصد بود. افزایش شاخص برداشت در هیبریدهای موردبررسی در هر دو شرایط کم‌آبیاری حاصل کاهش شدیدتر عملکرد بیولوژیکی در مقایسه با عملکرد دانه در اثر کم‌آبیاری بود. نتایج فلنت و همکاران (Flent *et al.*, 1996) نیز نشان داد که تنش خشکی ملایم باعث افزایش شاخص برداشت می‌شود. در مطالعه کرم و همکاران (Karam *et al.*, 2007) نیز تغییر معنی‌داری در شاخص برداشت ژنوتیپ‌های موردبررسی در اثر تنش خشکی مشاهده نشد. کریم زاده اصل و همکاران (Karimzade Asl *et al.*, 2003) گزارش کردند که کاهش شاخص برداشت در مقایسه با کاهش عملکرد دانه چندان زیاد نبود و این موضوع حاکی از آن بود که سرعت کاهش عملکرد دانه تنها اندکی بیشتر از سرعت کاهش ماده خشک در گیاه بود. بااین‌حال در مطالعات متعدد دیگری تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار شاخص برداشت شده است (Abbasi Seyahjani *et al.*, 2012؛ Fereres *et al.*, 1986) و این کاهش به افت تعداد دانه در طبق، کاهش قطر طبق و افزایش درصد پوکی دانه‌ها نسبت داده شد.

به‌طورکلی نتایج نشان داد که اثر کم‌آبیاری بر اجزای مهم عملکرد دانه همانند تعداد دانه در

طبق و وزن هزار دانه معنی‌دار بود و کاهش تجمعی این اجزای عملکرد باعث کاهش شدید عملکرد دانه هیبریدهای موردبررسی در شرایط کم‌آبیاری شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده به نظر می‌رسد هیبریدهای متوسطرس شمس و برزگر عملکرد بیشتری نسبت به هیبریدهای زودرس فرخ و قاسم در شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری داشتند. بنابراین کشت هیبریدهای شمس و برزگر هم در شرایط آبیاری کامل و هم در شرایط کم‌آبیاری قابل توصیه است. اما این هیبریدها حدود ۹-۷ روز دیررس‌تر از هیبریدهای فرخ و قاسم بودند و در مناطقی که طول دوره رشد محدودیت دارد و فراهم کردن آب در آبیاری‌های انتهایی مشکل است، توصیه می‌شود از هیبریدهای زودرس فرخ و قاسم استفاده شود.

References

Abbasi Seyahjani, E., Farhvash, F., Kazemi Arbat, H., and Khirshidi Menam, M. 2012. Effect of drought stress on seed yield and some morpho-physiological traits of sunflower. Environmental Stresses in Crop Sciences 5(2): 190-196 (in Persian).

Akbari, Gh. A., Jabbari, H., Daneshian, J., Alahdadi, I., and Shahbazian, N. 2008. The Effect of limited irrigation on seed physical characteristics in Sunflower hybrids. Journal of Crop Production and Processing 12(45): 513-523 (in Persian).

Angadi, S. V. and Entz, M. H. 2002. Root system and water use patterns of different height sunflower cultivars. Agronomy Journal 94: 136-145.

Babaeian, M., Heidari, M., and Ghanbari, A. 2010. Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological characteristics and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 12(4) 377-391 (in Persian).

Buriro, M., Sanjrani, A. S., Chachar, Q. I., Chachar, N.A., and Chach, S.D. 2015. Effect of water stress on growth and yield of sunflower. Journal of Agricultural Technology 11(7): 1547-1563.

Chaves, M. M., Pereira, J. S., Maroco, J., Rodriques, M. L., Ricardo, C. P. P., Osorio, M. L., Carvatho, I., Faria, T. and Pinheiro, C. 2002. How plants cope with water stress in the field photosynthesis and growth? Annual Botany 89: 907-916.

Cox, W. J., and Jolliff, G. P. 1986. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. Agronomy Journal 18: 226-230.

Daneshian, J., Jabbari, H., and Farokhi, A. 2007. Sunflower yield and yield components responses to water stress under different densities. Agricultural Research 7(3): 129 -140 (in Persian).

Daneshian, J., and Jabbari, H. 2009. Effect of limited irrigation and plant density on morphological characteristics and grain yield in a dwarf sunflower hybrid (CMS26 × R103) as second crop. Iranian Journal of Crop Science 10(40): 377-388 (in Persian).

Dehkhoda, A., Naderidarbaghshahi, M. R., Rezaei, A., and Majdnasiri, B. 2013. Effect of water deficiency stress on yield and yield component of sunflower cultivars in Isfahan. International Journal of Farming and Allied Sciences 2(2): 1319-1324.

Ebrahimian, E., and Bybordi, A. 2011. Exogenous silicium and zinc increase antioxidant enzyme activity and alleviate salt stress in leaves of sunflower. Journal of Food and Agriculture Environment 9(1): 422-427.

Emam, Y., and Niknejad, M. 2004. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. Shiraz University Press. Iran. 571pp (in Persian).

Erdem, T., and Delibas, L. A. H. 2002. Water use characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under deficit irrigation. Pakistan Journal of Biological Sciences 7: 766-769.

Fereres, W., Gimenez, C., and Femandez, J. M. 1986. Genetic variability in sunflower cultivars under drought. I. Yield relationships. Australian Journal of Agricultural Research 37: 573-582.

Flent, F., Boundiols, A., and Saraiva, G. 1996. Sunflower response to a range of soil water contents. European Journal of Agronomy 5: 161-167.

Gholinezhad, E., Aynaband, A., Hassanzade, A., Noormohamadi, G., and Bernousi, I. 2009. Study of the effect of drought stress on yield, yield components and harvest index of sunflower hybrid Iroflor at different levels of nitrogen and plant population. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 37(2): 85-94.

Gholinezhad, E., Darvishzadeh, R., and Bernous, I. 2013. Effects of drought stress on grain qualitative traits in Iranian confectionary sunflower (*Helianthus annuus* L.) landraces. Iranian Journal of Genetics and Plant Breeding 2 (2): 9-20.

Gomez, D., Martinez, O., Arona, M., and Castro, A. 1991. Generation a selection index for drought tolerance in sunflower. I. Water use and consumption. Helia 14(15): 65-70.

Jabbari, H., Daneshian, J., Abas Akbari, Gh., and Alahdadi, I. 2011. Recognizing of drought tolerance in sunflower hybrids according to ecophysiological characteristics. Journal of Crop Physiology 2(4): 261-270 (in Persian).

Jabbari, H., Daneshian, J., Alahdadi, I., and Farahan, H. 2012. The use of productivity effort, quantity and quality features for recognizing of drought tolerance in sunflower. Journal of Ecophysiology 3(1): 9-23 (in Persian).

Jaleel, A. C., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R., and Paneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agricultural Biology 11: 100-105.

Jana, P. K., Misra, B., and Kar, P. K. 1982. Effect of irrigation at different physiological stages of growth on yield attributes, yield, consumptive use and water use efficiency of sunflower. Indian Agricultural 26: 39-42.

Karam, F., Lahoud, R., Masaad, R., Kabalan, R., Breidi, J., Chalita, C., and Rouphael, Y. 2007. Evapotranspiration, seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full and deficit irrigation conditions. Agricultural Water Management 90: 213-223.

Karimi Kakhki, M., Sepehri, A., and Aboutalebian, M. A. 2010. Effect of deficit irrigation at reproductive growth stages on growth and yield of four new sunflower cultivars. Iranian Journal of Field Crop Science 41(3): 599-612 (in Persian).

Karimzade Asl, K. H., Mazaheri, D., and Peighambari, S. A. 2003. Effect of four irrigation intervals on the seed yield and quantitative characteristics of three sunflower cultivars. Iranian Journal of Agricultural Sciences 34(2): 293-301 (in Persian).

Kaya, M. D., and Kolsarici, O. 2011. Seed yield and oil content of some sunflower hybrids irrigated at different growth stages. African Journal of Biotechnology 10(22): 4591-4595.

Khomari, S., Ghasemi Golezani, K., Aliari, H., Zehtab Salmasi, S., and Dabagh Mohamadi nasab, A. 2008. Effect of irrigation disruption on phenology and grain yield of three sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in Tabriz. Journal of Agriculture Sciences and Natural Resources 14(6): 1-7 (in Persian).

Majd, M. 2017. Effect of drought stress on physiological characteristics and seed yield

of sunflower at different levels of nitrogen. Electronic Journal of Crop Production 9(4): 121-136 (in Persian).

Martinez, J. P., Silva H., Ledent, J. F., and Pinto, M. 2007. Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). European Journal of Agronomy 26: 30-38.

Mozaffari, K., Arshi, Y., and Zeinali-Khanghaa, H. 1996. Research on the effects of water stress on some morphophysiological traits and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Seed and Plant Journal 12: 24-33 (in Persian).

Nezami, A., Khazaeia, H. R., Boroumand Rezazadehb, Z., and Hosseinic, A. 2008. Effects of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus*) in controlled conditions. Desert 12: 99-104 (in Persian).

Pejic, B., Maksimovic, L., Skoric, D., Milic, S., Stricevic, R., and Cupina, B. 2009. Effect of water stress on yield and evapotranspiration of sunflower. Helia 32(51): 19-32.

Pekcan, V., Evci, G., Yilmaz, M. I., Balkan Nalcaiyi, A. S., Erdal, S. C., Cicek, N., Ekmekci, N. Y., and Kaya, Y. 2015. Drought effects on yield traits of some sunflower inbred. Agriculture and Forestry 61(4): 101-107.

Prabhudeva, T. V., Chalapathi, M. M., Thimmegowda, S., Devakhumar, N., Rao, G. G., and Mallikarjuna, K. 1998. Soil moisture stress and drought susceptibility index in sunflower. Indian Agriculture 42: 287-289

Rafiae, F., Kashani, A., Mamqani, R., and Golchin, A. 2006. The effect of the timing of irrigation and nitrogen application on grain yield and some morphological traits in hybrid sunflower, cv. Golshid. Iranian Journal of Crop Science 7(1): 44-54 (in Persian).

Razi, H., and Asad, M. T. 1998. Evaluation of variation of agronomic traits and water stress tolerant in sunflower conditions. Agricultural and Natural Resources Sciences 2: 31-43 (in Persian).

Reddy, A. R., Chaitanya, K. V., and Vivekanandan, M. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology 161: 1189-1202.

Roshdi, M. 2012. Effect of deficit irrigation on physiological characteristics and seed yield of sunflower cultivars. Crop Physiology Journal 4(14): 23-36 (in Persian).

Roshdi, M., Heydari Sharifabad, H., Noor Mohammadi, G., and Darvish, F. 2007. A Survey on the impact of water deficiency over the yield of sunflower seed cultivar and its components. Journal of Agricultural Sciences 12(1): 109-122 (in Persian).

Roshdi, M., and Sasandoost, R. 2004. A study of different irrigation levels effect on quantitative and qualitative of sunflower cultivars. Iranian Journal Agricultural Sciences 36(5): 1241-1250 (in Persian).

Sayadi Maazou, A. D., Tu, J., Qiu, J., and Liu, Z. 2016. Breeding for drought tolerance in Maize (*Zea mays* L.). American Journal of Plant Sciences 7: 1858-1870.

Schneiter, A. A., and Miller, J. F. 1981. Description of sunflower growth stage. Crop Science 21: 901-903.

Skoric, D. 1992. Achievements and future directions of sunflower breeding. Field Crops Research 30: 231-270.

Stone, I. R., Schlegel, A. J., Gwin, R. E., and Khan, A. H. 1996. Response of corn, grain sorghum and sunflower to irrigation in the High Plains of Kansas. Agricultural Water Management 30: 251-259.

Tabatabaei, S. A., Rafieie, V., Shekari, E., and Salmani, A. 2012. Responses of sunflower (*Helianthus Annuus* L.) to deficit irrigate different growth stages. International Journal of Agriculture: Research and Review 2(5): 624-629.

Unger, P. W. 1986. Growth and development of irrigated sunflower in the Texas High Plains. Agronomy Journal 78: 507-515

Yarnia, M., Safaie, P., Khorshidi-benam, M. B., and Farajzadeh, E. 2009. Effect of drought stress and potassium sulfate on yield and yield components of sunflower. New Finding in Agriculture 3(3): 317-332.